



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧ EP 0 507 411 B 1

⑩ DE 692 23 435 T 2

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
C 22 F 1/047  
C 22 C 21/06

- ② Deutsches Aktenzeichen: 692 23 435.7  
 ⑥ Europäisches Aktenzeichen: 92 200 925.3  
 ⑥ Europäischer Anmeldetag: 1. 4. 92  
 ⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 7. 10. 92  
 ⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 10. 12. 97  
 ⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23. 4. 98

- ③ Unionspriorität:  
9100565 02. 04. 91 NL  
 ⑦ Patentinhaber:  
Hoogovens Aluminium N.V., Duffel, BE  
 ⑦ Vertreter:  
Paul und Kollegen, 41464 Neuss  
 ⑧ Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

- ⑦ Erfinder:  
Neutjens, Paul Mariette Clement, B-2390  
Westmalle, BE

- ⑤ Aluminiumblech und Verfahren zu seiner Herstellung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 23 435 T 2

DE 692 23 435 T 2

07.01.98

Beschreibung:

0 507 411

Hoogovens Aluminium N. V., A. Stocletlaan 87, B-2570 Duffel

Aluminiumblech und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von weichem, verformbarem SSF-Aluminiumblech, das eine zu der bekannten AA 5000-Reihe von Al-Mg-Legierungen gehörende Zusammensetzung mit einem Mg-Anteil von über 0,8 % Mg hat, und ein Blech von dieser Art. Das Blech ist zu Umformungszwecken wie beispielsweise die Herstellung von Karosserieteilen für Autos durch Pressen geeignet.

In dieser Beschreibung wird hinsichtlich des Aluminiumbleches der oben beschriebenen Art der Begriff „weich“, so verstanden, daß er den Lieferzustand des Bleches beschreibt. Innerhalb des Rahmens dieser Anmeldung bezieht sich der Lieferzustand „weich“, auf den Zustand nach dem Rekristallisationsglühen, der manchmal von einer leichten Nachbehandlung wie einem Flachdrücken gefolgt sein kann. In diesem „weichen“, Zustand ist das Material für eine Formgebung durch Umformung, welche die Krümmung in zwei Ebenen umfaßt, bereit.

In dieser Beschreibung werden unter dem Begriff „Blech“, nicht nur Bleche verstanden, die durch Abschneiden erhalten werden, sondern auch bandförmige Bleche, die bis zum Abschneiden noch in Coils vorliegen.

In dieser Beschreibung wird der Begriff „SSF„ (Stretcher Strain Free (fließfigurenfrei)) in seiner im Stand der Technik normalen Bedeutung verstanden, d. h. um Blech zu definieren, das bei einer plastischen Kaltumformung frei von Fließfigurmarkierungen der Klasse A, sogenannten Lüder-Linien, bleibt. Diese körnchenähnlichen Unebenheiten in der Oberfläche des Materials treten auf, wenn das Material fließt, und sind für sichtbare äußere Karosserieteile nicht akzeptierbar, weil sie nach dem Anstreichen sichtbar bleiben.

Lüder-Linien sind auch in Stahl bekannt. Aus diesem Grund wird Umformungsstahl üblicherweise tempergewalzt. Dies ist bei Aluminium nicht üblich, weil diese Kalthärtung die Umformbarkeit in einem erheblichen Maß verringert. In ihrem weichen Zustand sind Al-Mg-Legierungen der 5000-Reihe sehr anfällig gegen Lüder-Linien. Bei Al-Mg-Legierungen besteht der herkömmliche Weg, das Material unanfällig gegen Lüder-Linien der Klasse A zu machen, darin, zu gewährleisten, daß die Korngröße des Materials im ferrigen Produkt größer als 50  $\mu\text{m}$  ist. Mit einer Korngröße von über 50  $\mu\text{m}$  ist dann das Risiko eines Auftretens von Lüder-Linien der Klasse A gering. Dies wird durch Rekristallisationsglühung bei einer Materialdicke, die größer als die Enddicke ist, einer der sogenannten Zwischenglühung, erreicht. Anschließend wird in einer zweiten Kaltwalzstufe das Material mit einer präzise bestimmten Reduzierung in dem Bereich von 15 bis 20 % in die Enddicke gebracht und wird wieder rekristallisationsgeglüht, die sogenannte Endglühung. Wenn es weiter reduziert wird, ist die Korngröße kleiner als 50  $\mu\text{m}$  und es treten Lüder-Linien auf. Wenn es weniger reduziert wird, ist die Korngröße des Materials nach der Rekristallisation so groß, daß das sogenannte Elefantenhaut-Phänomen beim Pressen auftritt. Alles in allem

07.01.98

ist dieser klassische Weg zur Herstellung von SSF-Al-Mg-Blech eine ziemlich kritische Prozedur, die leicht zu Beanstandungen von Blechverwendern über Lüder-Linien oder Elefantenhauteffekten führen kann, nachdem sie das Blech bearbeitet haben.

Die US-A-4 151 013 beschreibt ein AA-5000 Al-Mg-Legierung SSF-Blech. Das Dokument diskutiert die Nachteile und Fehler eines Verfahrens zur Behandlung von Klasse A-Linien, welches ein Glühen bei 500°C (oder 300°C), dann ein Abschrecken in kaltem Wasser und schließlich ein leichtes Walzen oder Richten umfaßt. Das von dem Dokument vorgeschlagene neue Verfahren umfaßt ein kurzes Glühen gefolgt von einem leichten, aber beträchtlichen Strecken von etwa 0,5 %. Es wird gesagt, daß das Glühen ein Abschrecken mit Geschwindigkeiten, die niedriger sind als ein Kaltwasserabschrecken, umfaßt. Die Einzelheiten des bestimmten, beschriebenen Verfahren implizieren, daß eine sehr schnelle Heizgeschwindigkeit während des Glühens nicht verwendet wurde. Die Korngröße dieses Produktes ist nicht erwähnt.

Die GB-A-2 024 861 beschreibt ein SSF-Blech aus einer Al-Mg-Legierung mit einem Zn-Anteil (0,5 bis 2,0 %), der es außerhalb der AA-5000-Reihe plazierte. Dieses Blech hat eine Korngröße von weniger als 50 µm. Vergleichstests in diesem Dokument schlagen vor, daß ein AA-5000-Blech mit einer Korngröße von weniger als 50 µm nicht SSF sind.

Die EP-A-259 700 schlägt vor, daß nach einer T4-Lösung Wärmebehandlung und Nachrichtung einer Al-Mg-Legierung mit 2 bis 6 % Mg eine Wärmenachbehandlung mit einer schnellen Erwärmung und Abkühlung durchgeführt wird. Diese Wärmenachbehandlung

ist eine künstliche Alterung, nicht eine Rekristallisations-wärmebehandlung. Die Legierung ist von der sogenannten wärme-behandelbaren Art. Die Legierungen der vorliegenden Erfindung sind nicht für eine T4-Behandlung geeignet.

Die US-A-4 021 271 beschreibt eine unterschiedliche Art von Aluminiumprodukt, die 2 bis 9 % Mg enthält und weiterhin 0,75 bis 5 % Aluminid-bildende Übergangselemente wie Fe, Co, Ni enthält, deren Funktion es ist, die Bildung von feinen Aluminid-Partikeln beim Gießen zu verursachen. Beim Glühen rekristallisiert die kalt bearbeitete Struktur, um eine ultra-feine Struktur mit einer durchschnittlichen Korngröße von weniger als 15  $\mu\text{m}$  zu ergeben. Kontinuierliches und Chargenglühen ist erwähnt, aber keine Erwärmungs- oder Abkühlgeschwindigkeiten sind angegeben. Die vorliegende Erfindung schließt Aluminiumprodukte von dieser Art aus, in denen Aluminid bildende Elemente vorhanden sind, um eine feine Korngröße zu erreichen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes SSF Al-Mg-Blechmaterial und ein verbessertes Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben.

Ein Aspekt der Erfindung ist in Anspruch 1 angegeben. Vorzugsweise beträgt die Korngröße des Bleches nach der Rekristallisationsglühung bei Endmaterialdicke weniger als 40  $\mu\text{m}$ . In dieser Beschreibung wird die Korngröße als der durchschnittliche Korndurchmesser gemäß ASTM E 112 verstanden.

In der Erfindung wird das Aluminiumblech bei Enddicke in einem kontinuierlichen Glühofen mit einer Erwärmungsgeschwindigkeit in dem Heizabschnitt des kontinuierlichen Durchlauf-

glühofens von über 50°C/s und vorzugsweise von über 80°C/s rekristallisationsgeglüht, wonach das Blech schnell abgeschreckt wird. Vorzugsweise wird das Aluminiumblech in dem kontinuierlichen Durchlaufglühofen durch Induktionsheizung homogen erwärmt.

Obwohl eine Zwischenrekristallisation beim Kaltwalzen ausgeführt werden kann, ist es bevorzugt, daß das Blech nur bei Enddicke rekristallisationsgeglüht wird.

Überraschend ist herausgefunden worden, daß kontinuierlich geglühtes Material, das durch das Verfahren der Erfindung hergestellt wird und dessen Korngröße kleiner als 50 µm ist, keine Lüder-Linien nach plastischer Kaltumformung zeigt. Bis jetzt haben Spezialisten allgemein angenommen, daß kontinuierlich geglühtes Material wegen der kleinen Korngröße, die beim kontinuierlichen Glühen erhalten wird, nicht frei von Fließfiguren sein würde.

Die Erfindung hat viele Vorteile. Zunächst ist die Umformbarkeit des Bleches gemäß der Erfindung exzellent und die Elastizitätsgrenze hoch. Als ein Ergebnis der kleinen Korngröße zeigt das Material keinen Elefantenhauteffekt bei Verformung, so daß in den verformten Zonen ein sehr glattes Oberflächenerscheinungsbild erhalten wird. Zweitens bildet sich wegen der sehr kurzen Glühzeit an der Oberfläche des Bleches praktisch keine Oxidschicht auf dem Blech, so daß keine Verfärbungen auftreten und weniger Probleme während des Pressens auftreten. Auch führt in dem Fall eines kontinuierlichen Glühens nach dem Kaltwalzen das Walzöl zu weit weniger Problemen, weil keine Punkte als ein Ergebnis einer Teilverbrennung zurückgelassen werden. Wenn keine Zwischenglühung

vorgesehen ist, ist der Energieverbrauch viel niedriger und die Durchlaufzeit des Produktes viel kürzer.

Das Verfahren zur Herstellung von Blech gemäß der Erfindung stimmt allgemein mit den herkömmlichen Prinzipien überein, außer daß, wie beschrieben, ein Aluminiumlegierungsblech dieser Art auf eine geeignete Dicke für das anschließende Kaltwalzen warmgewalzt wird.

#### Beispiel

Es wurden Versuche mit AA 5051 A-Material durchgeführt; dies ist ein Material aus der AAA 5000-Reihe, das 1,8 % Mg enthält, und standardisiert in DIN als AlMg 1.8. beträgt der Fe + Ni + Co-Anteil weniger als 0,50 %. Das Material wurde mit einer Reduzierung von 75 % von einer Anfangsdicke von 4 mm auf eine Enddicke von 1 mm kaltgewalzt.

Die folgenden Proben wurden hergestellt:

| <u>Probe</u> | <u>Zwischen-<br/>glühung</u> | <u>Endglühung</u> | <u>Glüh-<br/>verfahren</u> | <u>Figur</u> |
|--------------|------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------|
| A            | -                            | X                 | Charge                     | 1A           |
| B            | X                            | X <sup>1)</sup>   | Charge                     | 1B           |
| C            | X                            | X <sup>1)</sup>   | Kontinuier-<br>lich        | 1C           |
| D            | -                            | X                 | Kontinuier-<br>lich        | 1D           |

Bemerkungen:

1) bei Enddicke

07.01.98

- 2) eine Reduzierung von 15 % bis 20 % fand nach einer Zwischenglühung statt
- 3) Verfahren zum Endglühen

Beim Endglühen betrug die Heizgeschwindigkeit in dem Chargenverfahren (Proben A und B)  $40^{\circ}\text{C}/\text{Stunde}$  und für die kontinuierlich geglühten Proben (C und D)  $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ .

Die Heiztemperaturen und Haltezeiten betrugen eine Stunde bei  $400^{\circ}\text{C}$  beim Chargenglühen und 1 bis 15 Sekunden bei  $440^{\circ}\text{C}$  beim kontinuierlichen Glühen. Beim kontinuierlichen Glühen erfolgte das Abschrecken durch Wasser mit einer Kühlgeschwindigkeit von  $400^{\circ}\text{C}/\text{s}$  (in der Erfindung ist eine minimale Kühlgeschwindigkeit beim Abschrecken von  $200^{\circ}\text{C}/\text{s}$  bevorzugt).

Es wurden Zugversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in den beiliegenden Figuren 1A bis 1D und in der nachstehenden Tabelle angegeben sind.

Die Figuren 1A bis 1D zeigen den Übergang vom elastischen zum plastischen Teil der Spannung/Verformungs-Graphen der Proben A bis D.

Es wurde herausgefunden, daß nur die Probe A einen ausgeprägten Fließpunkt (horizontales Plateau) hat; für den Spezialisten ist dies ein Anzeichen dafür, daß Lüder-Linien bei einer plastischen Kaltverformung auftreten können.

Die Probe B, ein Material, das gemäß dem Stand der Technik hergestellt ist, hat kein horizontales Plateau. Horizontale Plateaus wurden jedoch auch nicht bei den Proben C und D, welche die Erfindung verkörpern, gefunden. Die Probe D, wel-



07.01.98

che keiner Zwischenglühung unterworfen wurde, ist die beste Ausführungsform der Erfindung.

Tabelle

| Probe | Dehnung<br>beim Bruch <sup>1)</sup> | Lüder-<br>Linien der<br>Klasse A <sup>2)</sup> | Korngröße<br>$\mu\text{m}$ | Erichsen-<br>Werte $\text{mm}^3$ <sup>3)</sup> |
|-------|-------------------------------------|--|----------------------------|--|
| A     | 22-23                               | X  | 40                         | 9,6/9,6/9,6                                    |
| B     | 20-21                               | -  | 100                        | 9,5/9,6/9,6                                    |
| C     | 20-21                               | -  | 45                         | 10,3/10,2/<br>10,2                             |
| D     | 25-28                               | -  | 30                         | 10,3/10,3/<br>10,3                             |

Bemerkungen:

- 1) bei einer Anfangsmeßlänge von 50 mm
- 2) beim Zugtest
- 3) für eine Probendicke von 1,2 mm.

Die Tabelle zeigt, daß insbesondere kontinuierliches Glühen ohne Zwischenglühung (Probe D) eine hohe Dehnung beim Bruch erzeugt.

Um mit Sicherheit das Vorliegen von Klasse A-Linien zu gewährleisten, wurde ein Zugtest ausgeführt, bei dem ein Band mit einer polierten Oberfläche senkrecht zur Walzrichtung gezogen wurde. Die Tabelle zeigt, daß in diesem Test Klasse A-Linien nur bei der Probe A auftreten. Die Korngröße von Probe A ist kleiner als 50  $\mu\text{m}$ .

07.01.98

Als ein Ergebnis des Zwischenglühens ist die Korngröße von Probe B größer als  $50\text{ }\mu\text{m}$ , während die Korngröße der Proben C und D kleiner als  $50\text{ }\mu\text{m}$  ist.

Schließlich zeigt die Tabelle, daß mit einem kontinuierlichen Glühen ein mit 7 % beträchtlich höherer Erichsen-Wert mit derselben Blechdicke erreicht wird.

Praktische Umformungsversuche wurden durchgeführt. Ein Autokarosserieteil wurde auf einer industriellen Presse aus Blechen der Proben B, C und D hergestellt. Keine Lüder-Linien traten auf, aber die Oberfläche des Bauteils, welches aus Proben C und D hergestellt wurde, war viel glatter als die des Bauteils, das aus der Probe B gemacht wurde. Der hervorstechendste Unterschied zeigte sich in den sehr stark verformten Zonen des Bauteils.

07.01.98

0 507 411

Ansprüche:

Hoogovens Aluminium N. V., A. Stocletlaan 87, B-2570 Duffel

Aluminiumblech und Verfahren zu seiner Herstellung

1. Verfahren zur Herstellung von weichem, verformbarem SSF-Aluminiumblech, das in Gew.-% die folgende Zusammensetzung hat:

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Mg                    | 0,8 - 5,6 %,      |
| Si                    | 0,4 % max.,       |
| Fe + Ni + Co zusammen | max. 0,75 Gew.-%, |
| Cu                    | 0,2 % max.,       |
| Mn                    | 1,0 % max.,       |
| Cr                    | 0,35 % max.,      |
| Zn                    | 0,25 max.,        |

andere Elemente jeweils maximal 0,05 % und insgesamt maximal 0,15 %,  
Rest Al,

welches Verfahren die Schritte aufweist:

- (i) Kaltwalzen des Bleches, optional mit Zwischenglühung, auf die Enddicke,
- (ii) Rekristallisationsglüfung bei Enddicke in einem kontinuierlichen Glühofen mit einer Heizgeschwindigkeit von über 50°C/s,
- (iii) Abschrecken des Bleches nach dem Glühschritt (ii),

wobei die Schritte (i) bis (iii) so sind, daß die Korn-

07.01.98

größe des Bleches nach dem Schritt (iii) weniger als 50  $\mu\text{m}$  beträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin der Anteil von Fe + Ni + Co insgesamt nicht mehr als 0,50 % beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, das keine irgendwie geartete Streckung des Bleches nach dem Schritt (iii) umfaßt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin die Heizgeschwindigkeit in Schritt (ii) über 80°C/s beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin das Aluminiumblech in dem kontinuierlichen Glühofen durch Induktionsheizung homogen erwärmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, worin das Blech ohne Zwischenglühung kaltgewalzt wird, wobei die Rekristallisationsglühung nur bei Enddicke ausgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Korngröße nach Schritt (iii) weniger als 40  $\mu\text{m}$  beträgt.

07-01-98

0 507 411

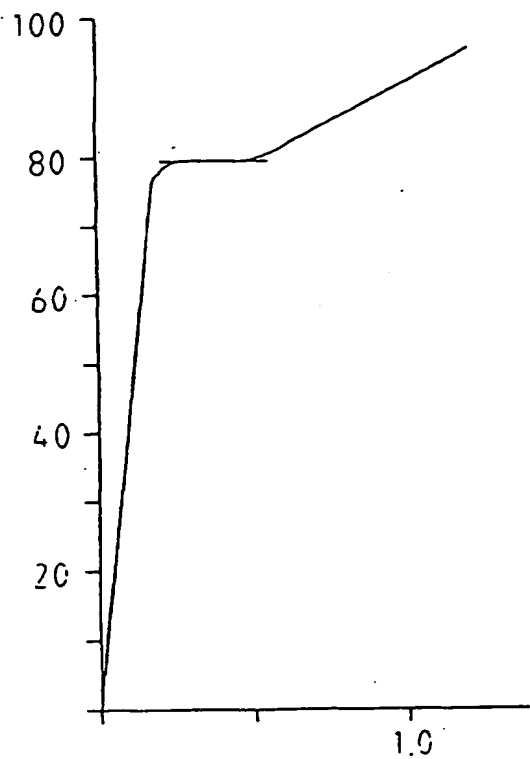


FIG. 1A

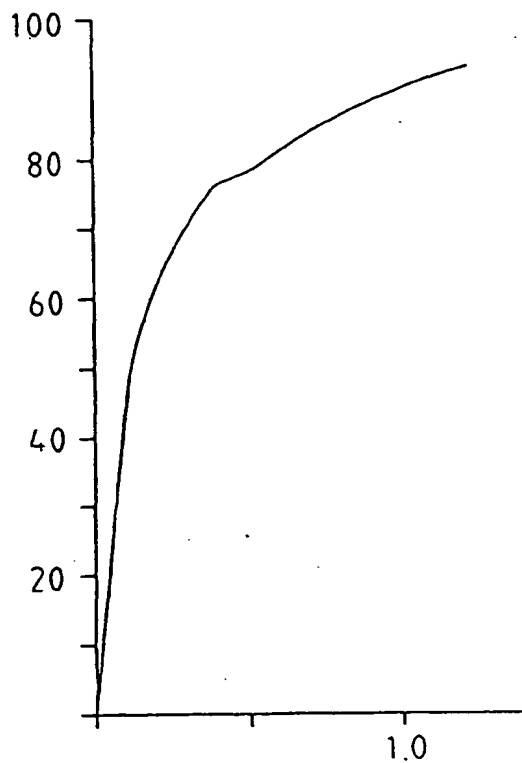


FIG. 1B

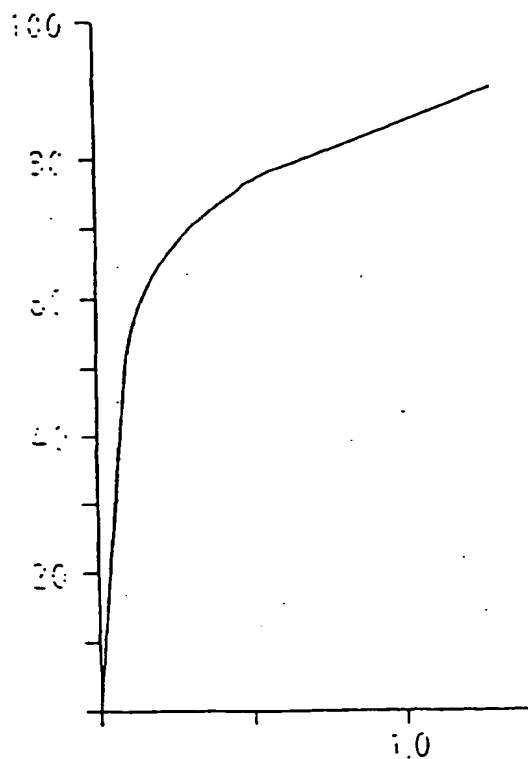


FIG. 1C

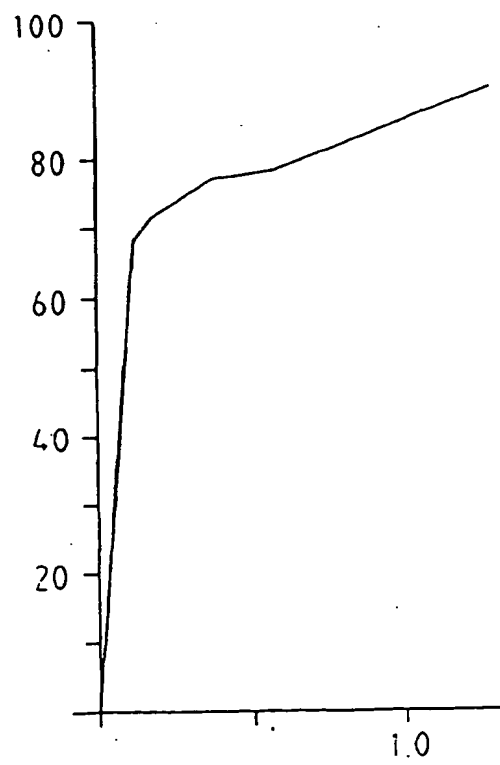


FIG. 1D